

L'écopathologie ou comment aborder la pathologie multifactorielle

Cinquante et un ans avant la création de l'INRA mourrait Louis Pasteur, dont les travaux avaient littéralement révolutionné la médecine. De fait, Pasteur est à l'origine de deux événements qui ont bouleversé les connaissances et les pratiques médicales : d'une part la remise en cause de la théorie de « la génération spontanée » (qui a ouvert la voie à l'hygiénisme, même si des précurseurs méconnus, tel Semmelweis, avaient posé des jalons en dépit de l'opposition de la Faculté), d'autre part l'administration de la preuve qu'une maladie était indubitablement liée à un « microbe ». La découverte de la bactérie charbonneuse dans l'apparition du charbon, la mise en évidence du staphylocoque ou du vibron septique, sont quelques-uns des points acquis par Pasteur qui ont conforté le postulat selon lequel une maladie = un agent pathogène.

Dans un article fondateur consacré à l'épidémiologie moderne, Schwabe (1982) inscrit les découvertes pasteuriennes dans l'évolution historique de la théorie de la causalité des maladies sous le titre : Théorie de l'agent étiologique spécifique. Il situe le début de l'essor de cette théorie en 1884, soit l'année où Pasteur initiait ses travaux sur la rage, un an avant la mise en œuvre du premier vaccin qui allait le rendre mondialement célèbre.

Les recherches en pathologie animale se sont essentiellement appuyées sur cette théorie et ont conduit à de remarquables progrès dans la connaissance des causes des maladies, de la biologie des agents pathogènes, des moyens de les combattre et de les prévenir. Le recul spectaculaire des grandes maladies infectieuses au sein du cheptel français est à mettre au profit des travaux des « pasteurien » : aujourd'hui, la fièvre aphteuse ne nécessite plus une prévention systématique, la tuberculose est confinée à la marginalité, les différentes pestes animales sont pour la plupart passées de mode, le charbon n'est qu'une pathologie exceptionnelle... On en oublierait presque la nécessité d'une surveillance attentive pour éviter des retours intempestifs. L'arsenal préventif et thérapeutique sans cesse

amélioré permet cependant d'asseoir la vigilance sanitaire sur un ensemble de moyens qui rassurent les acteurs de la santé animale, mais la pression subsistera toujours cependant, comme l'a bien montré l'épidémie de BSE au Royaume-Uni.

Bref, Pasteur a bien mérité les statues qu'on lui érige dans les squares des villes. Pourtant, les limites de la « révolution pasteurienne » se font sentir aujourd'hui : d'une part, les maladies prédominantes sur le plan économique ont « changé de visage », d'autre part une approche différente, moins analytique, de la pathologie animale a vu le jour depuis le début des années 70.

Pathologie, environnement, système d'élevage, facteurs de risque

Depuis une trentaine d'années et du fait des progrès techniques issus de la Recherche agronomique (génétique, alimentation), les performances de production de nos animaux de ferme ont considérablement augmenté. La croissance des porcs et des volailles, l'accroissement de la production laitière, l'optimisation des indices de consommation sont les reflets d'une intensification que les choix productivistes ont grandement favorisée.

Les progrès concomitants de la médecine vétérinaire, nous l'avons évoqué, ont permis la régression spectaculaire des contraintes sanitaires majeures que représentaient les « grandes maladies infectieuses ». Les systèmes d'élevage nés de l'intensification ont en revanche induit l'émergence de complexes pathologiques, pas forcément nouveaux mais plus « quotidiens » et affectant finalement de manière significative les performances économiques de l'exploitation tout en ne répondant pas à un schéma pasteurien classique : « un agent pathogène → une maladie ».

Prenons l'exemple des boiteries des vaches laitières. Globalement, 25 à 30 % des vaches sont affectées et 90 % des exploitations sont

concernées par cette pathologie. Les animaux n'en meurent pas, mais le coût des interventions thérapeutiques et préventives liées à ces troubles n'est pas négligeable et les chutes de production induites peuvent être considérables. Quant aux agents pathogènes éventuellement impliqués, ils apparaissent d'une banalité désarmante.

On admet aujourd'hui que les boiteries font partie des pathologies liées à l'environnement de l'animal (bâtiment) et aux pratiques de l'éleveur (alimentation). Plutôt que de s'attacher à déterminer l'agent pathogène responsable qui, le plus souvent, n'est qu'un « opportuniste », on tente donc de déterminer l'ensemble des circonstances qui ont conduit à l'état de maladie. Plusieurs facteurs, combinés les uns avec les autres, vont être à l'origine des troubles observés. On parlera alors à juste titre de pathologie multifactorielle.

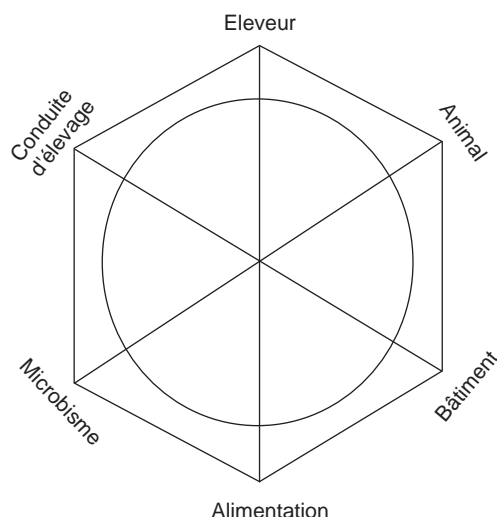
L'écopathologie s'intéresse précisément à l'étiologie multiple (Schwabe parle de « la toile d'araignée des causes ») qui préside à l'apparition des problèmes sanitaires, c'est-à-dire à l'ensemble des « facteurs de risque » en relation avec un état ou une association d'états pathologiques.

Formellement, les maladies multifactorielles sont donc l'émergence d'un ensemble de conditions particulières (l'environnement) et d'actions (les pratiques) qui sous-tendent un système d'élevage (figure 1). L'écopathologie se rattache par cet aspect aux approches systémiques, holistiques, qui se développent dans la Recherche depuis quelques années. Elle procède de cette « révolution épidémiologique » décrite par Schwabe, qui, depuis les années 60, annonce la « théorie des déterminants multiples ».

L'écopathologie à l'INRA

C'est en 1978 qu'est créé le laboratoire d'Écopathologie, à l'initiative de Michel Bro-

Figure 1. Représentation schématique du système d'élevage. La pathologie est au centre de gravité de l'hexagone (d'après Tillon 1983).



chart, ancien chef du Département Vétérinaire (qui deviendra par la suite le Département de Pathologie Animale). La jeune équipe allait se lancer dans un projet de recherche écopathologique concernant la filière bovine, de grande envergure, avec une conviction forte, mais de faibles moyens humains et matériels (au même moment, la station de pathologie porcine du CNEVA de Ploufragan s'engageait dans l'écopathologie de l'élevage porcin intensif). La méthodologie méritait d'être renforcée, les moyens informatiques disponibles à l'époque demeuraient balbutiants. En dépit de ces obstacles, une première « enquête écopathologique continue » (EEPC) fut mise en place avec succès de 1978 à 1982 (Barnouin 1980).

Compte tenu des moyens disponibles, un tel projet ne put voir le jour que par une collaboration active entre des partenaires scientifiques et de développement. Ce furent les Groupements de Défense Sanitaire (GDS) qui fournirent la logistique (enquêteurs, saisie des données). Du côté de l'INRA, la participation efficace du Département de Biométrie déboucha sur la mise en place de la première base de données fonctionnelle à l'INRA (baptisée « VETO »). Les objectifs affichés relevaient de la description (évolution des pathologies majeures dans l'espace et dans le temps, hiérarchie des pathologies, mise en évidence des associations pathologiques) et de l'analyse (recherche des facteurs de risque, en particulier d'origine nutritionnelle, des pathologies majeures : mammite, boiterie, fièvre vitulaire, rétention placentaire, métrite, mortalité des veaux).

Une première vague de résultats était publiée de 1980 à 1986 dans les *Annales de Recherches Vétérinaires*. Un second ensemble d'articles paraissait entre 1989 et 1992 dans la revue internationale leader en épidémiologie animale : *Preventive Veterinary Medicine*. Ce choix devait consacrer la reconnaissance internationale de l'écopathologie, considérée par Hollis Erb, rédactrice en chef de la revue, comme « a french school of epidemiology ». Dès lors, le laboratoire d'Écopathologie, par l'intermédiaire de J. Barnouin, entra à la Comité éditorial de cette revue.

L'amélioration rapide des outils informatiques, l'acquis méthodologique de l'EEPC, le renforcement des compétences de l'équipe par des actions de formation permirent de maîtriser la deuxième grande enquête réalisée par le laboratoire. Celle-ci, intitulée « Enquête écopathologique Bretagne » (EEPB), fut réalisée entre 1986 et 1990. Ses objectifs se focalisaient sur la mise en évidence des facteurs de risque des pathologies majeures au cours du *peripartum* dans les élevages laitiers intensifs et sur la caractérisation des animaux à risque. Des changements considérables ont prévalu à la mise en place de cette étude.

Tout d'abord sur le plan méthodologique, constatant au cours de l'EEPC que le « système d'élevage » représentait le facteur principal discriminant les exploitations « à problèmes » des exploitations moins soumises à

la pression sanitaire, il fut convenu que la deuxième étude se focaliserait sur un système de production homogène : une seule zone géo-climatique (la Bretagne), des exploitations laitières spécialisées, un niveau moyen de production élevé (> 6 000 kg par vache et par lactation en 1986), une seule race (Pie-noir), pas de stabulation entravée, une ration de base hivernale comprenant de l'ensilage de maïs ou d'herbe... Bref, un système d'élevage laitier intensifié censé alors représenter la tendance lourde de l'élevage laitier français.

En second lieu, la prise en compte de deux échelles d'observation, l'animal et le troupeau, devait permettre d'appréhender la part des risques liés à l'élevage et ceux liés à l'animal au sens strict dans l'apparition des troubles sanitaires. Cela signifiait, sur le plan pratique, la prise en considération des rythmes physiologiques propres à chaque animal (analyses et mesures biologiques réalisées en fonction du stade physiologique) et donc une logistique appropriée.

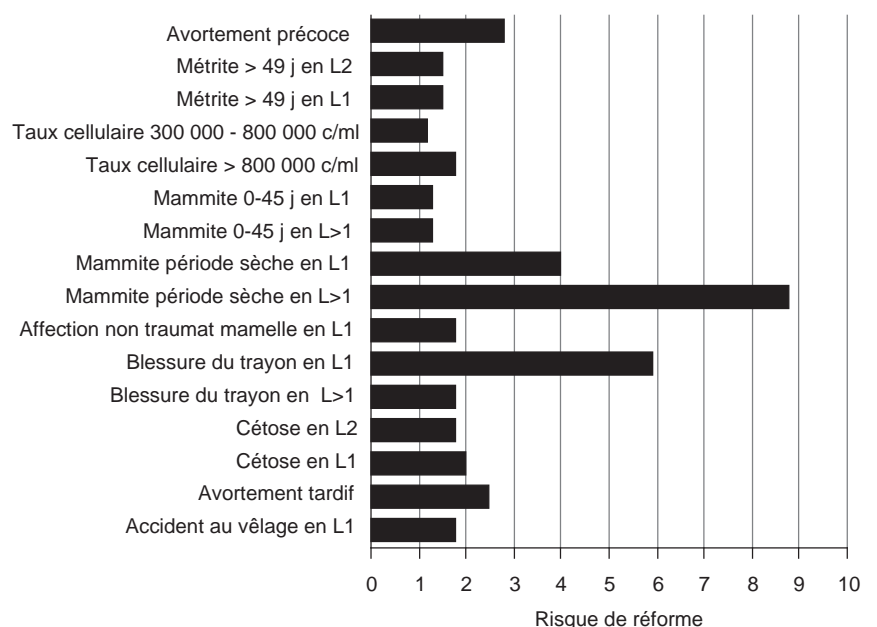
Précisément, la logistique bénéficiait d'un soutien financier de la Direction de la Qualité du Ministère de l'Agriculture et de la participation des Directions Départementales des Services Vétérinaires : neuf techniciens allaient pendant plus de 4 ans sillonner le Finistère, le Morbihan et l'Ille-et-Vilaine pour remplir les questionnaires, juger de l'état d'entretien des animaux, effectuer des prélèvements, enregistrer des paramètres microclimatiques, assurer le lien avec les vétérinaires traitants et les Groupements Techniques Vétérinaires.

Sur le plan de la compétence multidisciplinaire, c'est l'acquisition de l'autonomie de l'équipe en matière d'organisation du système d'information (conception et réalisation de la base de données) qui a prévalu. De fait, le laboratoire allait s'enrichir du savoir-faire d'un biostatisticien (1989) puis d'un informaticien (1993). En juin 1992, le laboratoire avait le plaisir d'annoncer la naissance de Gwen-Ha-Du (« blanc et noir » en breton), la base de données contenant les informations de l'EEPB. Un volume de données plutôt considérable : 42 tables, 32 millions d'octets soit autant d'informations que dans un grand Larousse et demi. Et aussi 4 123 vaches, 9 144 veaux (dont quatre quadruplés...), 13 929 cas de maladies dont 32,7 % de mammites, 7 852 prélèvements de lait et 9 963 de sang, 199 205 analyses sanguines, 21 648 notes d'état corporel et de propreté, 30 056 notes de conformation, 10 098 questions sur les pratiques et les conditions d'élevage, 293 prélèvements d'eau, 574 prélèvements d'ensilage, 64 110 contrôles laitiers... La vérification des données et le contrôle de cohérence avec consultation des documents de base sur papier avait exigé près d'une année de travail. La richesse incontestable de Gwen-Ha-Du allait d'ailleurs susciter des demandes de collaboration : une thèse avec le laboratoire de Gestion de la Santé Animale (Ecole Vétérinaire de Nantes), un DEA puis

une thèse avec le Centre d'Ecopathologie Animale de Villeurbanne, structure privée (GIE) créée en 1984. Ainsi allaient être précisés l'incidence des maladies multifactorielles dans les systèmes laitiers intensifs, l'importance des infections mammaires et des changements induits par les pratiques préventives sur l'épidémiologie de ces infections, le rôle des pratiques d'hygiène sur l'atteinte de la mamelle et de l'alimentation sur les mammites subcliniques et la qualité du lait, les paramètres sanguins prédictifs de la rétention placentaire, les facteurs prédisposants de la mortalité des vaches laitières et les relations entre le « tempérament » des vaches et leur statut sanitaire, les facteurs de risque de la réforme (figure 2).

Dans la foulée, le laboratoire allait s'engager dans un autre programme faisant appel aux compétences acquises en matière de système d'information : les domaines expérimentaux du Centre INRA de Clermont-Ferrand-Theix engrangeaient depuis deux décennies une kyrielle d'informations zootechniques et sanitaires, dont la mise en relation pouvait s'avérer fructueuse sur le plan de la connaissance, compte tenu de la bonne fiabilité de ces données et surtout de la nature et du rythme des relevés pratiquement impossibles à obtenir en milieu réel. Pour l'occasion, l'écopathologie s'associait avec le Département Elevage et Nutrition des Animaux et le Département Systèmes Agraires et Développement pour mettre en place une nouvelle base de données. Parce que centrés sur la production LAitière et sur la Santé des vaches à l'échelle de leur CARrière, la base de données et le programme de recherche qui lui était associé furent baptisés LASCAR. Dès 1993, la base était opérationnelle. Compte tenu de la nature particulière du système

Figure 2. Risque relatif de réforme (comparé à une vache sans ce trouble ayant un risque de référence de 1) dû à la survenue de troubles de santé (d'après Beaudeau 1995).



d'élevage fournisseur de données, les objectifs et la stratégie de recherche ne pouvaient se centrer sur les facteurs de risque. Le choix s'est donc orienté vers la modélisation du complexe performances zootechniques-santé, la carrière de l'animal étant une échelle de perception privilégiée. Ainsi, quelques travaux préliminaires ont pu permettre de définir des « trajectoires sanitaires » (étude de la succession des maladies au cours de la carrière des animaux) et les relations entre les caractéristiques des génisses et leur vie productive ultérieure.

C'est auprès des partenaires du développement, puis de la communauté scientifique, que devaient être progressivement diffusés les résultats. Depuis les éleveurs suivis et les praticiens vétérinaires collaborant aux enquêtes lors de réunions informelles de restitution jusqu'aux chercheurs en épidémiologie lors de rencontres scientifiques internationales, le retour de l'information vers les utilisateurs a été un souci constant.

En 1980, le laboratoire organisait les XII^{es} journées du grenier de Theix sur le thème « Milieu, pathologie et prévention chez les ruminants » pour présenter la démarche écopathologique. En octobre 1993, le premier symposium international d'écopathologie et

de gestion de la santé animale se tenait à Clermont-Ferrand. Le laboratoire d'Ecopathologie en était l'instigateur et l'organisateur. L'approche écopathologique s'exposait ainsi devant la communauté scientifique internationale en précisant sa méthodologie et ses résultats.

L'écopathologie et la coopération internationale

La vocation internationale de l'écopathologie devait s'affirmer dès 1989 avec la participation du laboratoire en la personne de B. Faye à une Conférence des Organismes de Recherche Agronomique de l'Afrique francophone, au Tchad. Dès lors, les missions d'appui aux programmes d'écopathologie tropicale lancés par le Département Elevage et Médecine Vétérinaire des pays Tropicaux du CIRAD allaient se succéder : Tchad (enquête sur les pneumopathies des petits ruminants), Brésil (enquête sur les avortements non spécifiques chez la chèvre), Sénégal (enquête productivité et pathologie des petits ruminants). Mais aussi, par l'intermédiaire d'autres partenaires, à Djibouti, en Inde, au Niger et au Maroc.

Extrait (véridique) d'un dialogue à trois entre un étudiant vétérinaire « pasteurien », un éleveur de chameaux des confins du Sahara et un écopathologiste

L'écopathologiste (à l'éleveur) : Quelle est la maladie qui vous préoccupe le plus ?

L'éleveur : C'est la diarrhée du chamelon. Il y a beaucoup de mortalité due à la diarrhée dans nos troupeaux.

L'étudiant : Je vais faire des prélèvements coprologiques pour rechercher les agents pathogènes responsables.

L'écopathologiste : Et qu'en ferez-vous ?

L'étudiant : La connaissance de l'agent pathogène nous permettra de déterminer le médicament le plus approprié, voire de proposer un vaccin spécifique.

L'écopathologiste : Et s'il y a plusieurs agents responsables ?

L'étudiant : On pourrait envisager un vaccin polyvalent.

L'écopathologiste : Et si c'est un mélange de germes opportunistes ?

L'étudiant : On pourra proposer une antibiothérapie à large spectre, à défaut de faire une prévention vaccinale.

L'écopathologiste (à l'éleveur) : A quel âge surviennent les symptômes ?

L'éleveur : Entre 1 et 3 mois.

L'écopathologiste : En toutes saisons ?

L'éleveur : Non, la diarrhée, c'est surtout pendant la saison chaude d'avril à juin. Les chamelons qui naissent pendant la saison des pluies ou pendant la saison fraîche ont moins la diarrhée, et surtout ils n'en meurent pas.

L'étudiant : Le climat chaud est un facteur favorisant le développement des microbes ; il faudra donc focaliser les traitements à cette période ou bien, s'il y a une vaccination, la faire avant la saison chaude.

L'écopathologiste (à l'éleveur) : Que faites-vous du colostrum ?

L'éleveur : C'est bon pour le chamelon, alors on lui donne.

L'écopathologiste : En toutes saisons ?

L'éleveur : Non, pas en saison chaude, car le chamelon ne le digère pas. On le consomme alors nous-mêmes sous la forme d'une sorte d'omelette...

Moralité : de l'importance de la connaissance des pratiques pour résoudre les questions sanitaires.

La méthodologie développée dans le contexte des élevages intensifiés (et parfois hors-sol) de France devait évidemment s'adapter aux contraintes spécifiques des zones tropicales (insuffisance des structures de recherche, illettrisme des éleveurs, mobilité des troupeaux, absence de relevés systématiques, difficultés économiques). Des propositions concrètes furent formalisées dans un ouvrage rédigé en commun avec le CIRAD.

Plusieurs contacts s'étant établis depuis plusieurs années avec des épidémiologistes du Maghreb, l'idée d'un « *réseau franco-maghrebin d'écopathologie* » se fit jour peu à peu. En 1993, le projet commençait à se concrétiser avec des partenaires tunisiens, marocains et algériens. Un thème : Facteurs de risque des contraintes sanitaires majeures au développement de la production laitière au Maghreb. Des actions : mission d'appui en Tunisie et au Maroc, bourse post-doc pour le partenaire algérien, formation (techniques d'enquête, base de données, analyse de données) des partenaires en France, participation au Cours International d'Epidémiologie Vétérinaire en Milieu Aride au Maroc.

Enfin, plus récemment, des liens de coopération se sont établis avec Cuba, intéressé par la démarche écopathologique, dans le but de l'appliquer chez l'homme aux relations nutrition-santé. En effet, des troubles toxico-nutritionnels sont observés dans la population cubaine affectée par la situation économique du pays (plus de 50 000 cas d'une neuropathie épidémique d'étiologie multifactorielle), problèmes sanitaires auxquels la démarche écopathologique a été appliquée avec succès à partir du projet SECUBA, réalisé en 1995-96 avec des volontaires humains et à partir d'une large collaboration pluridisciplinaire INRA-Université.

Les voies de la recherche actuelle en écopathologie

Pour réussir une bonne recette écopathologique, il faut trois ingrédients : une bonne dose d'observation critique assise sur l'assurance d'une fiabilité appréciable des informations collectées, et donc sur un partenariat professionnel ad hoc ; un système d'information autorisant une bonne sécurité d'utilisation, un accès facile et rapide ainsi qu'une indépendance de la structure des données par rapport aux traitements ultérieurs ; un arsenal d'outils statistiques permettant d'épouser la complexité des modèles issus des hypothèses de relation entre la santé et ses différents effecteurs.

La réussite d'une telle association est d'autant plus assurée que la multicompétence (autre forme de la pluridisciplinarité) est acquise au sein de l'équipe. C'est pourquoi en écopathologie, il faut veiller à la cohabitation interactive des épidémiologistes, des biologistes des informaticiens et des biostatisticiens.

Les directions prises aujourd'hui par la recherche en écopathologie s'expliquent en

grande partie par ce dialogue interdisciplinaire (et « inter-outils »), et sont formalisées par trois voies principales de recherche :

La recherche étiologique

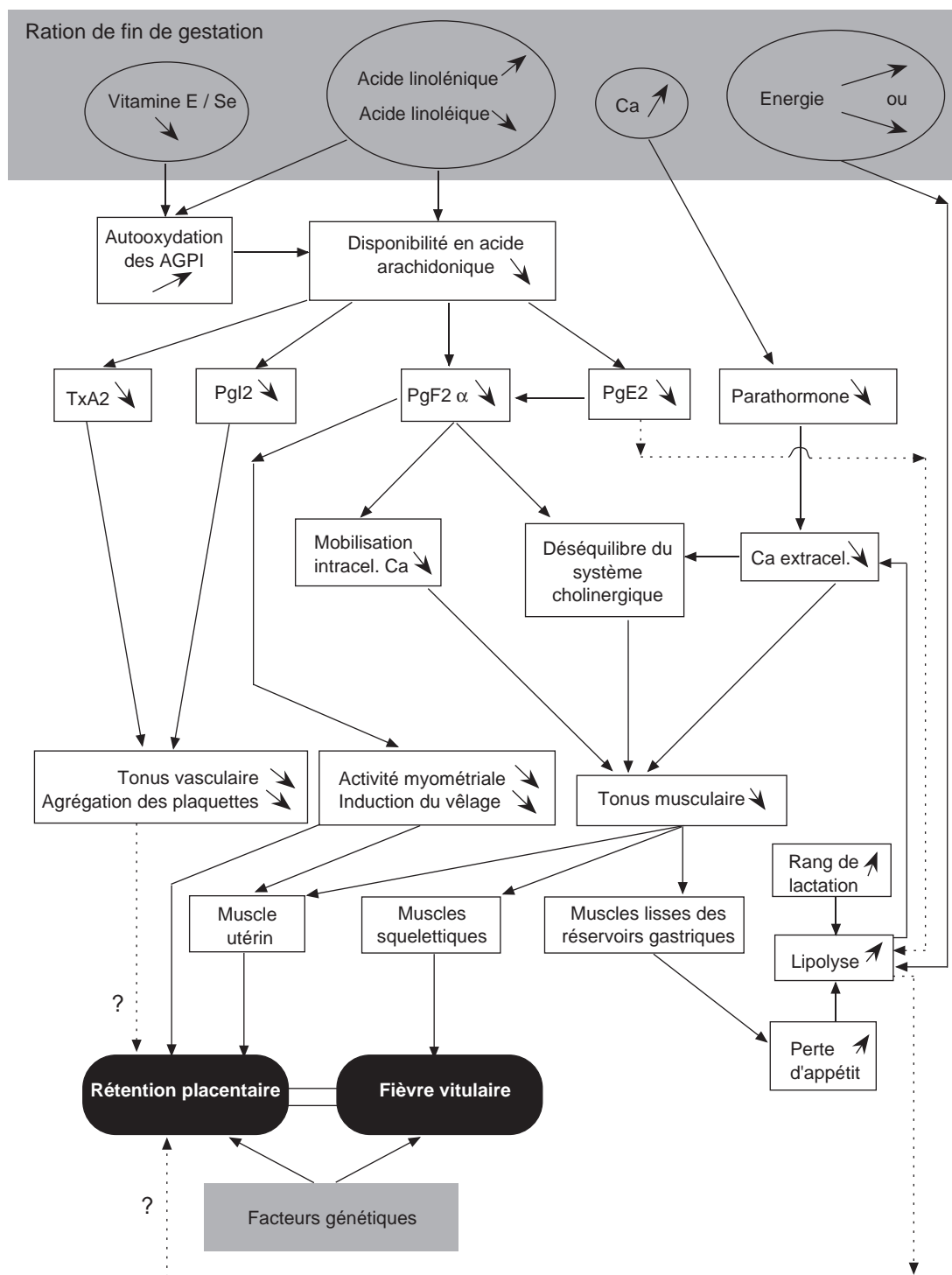
Sous les « facteurs de risque » mis en évidence par les enquêtes d'écopathologie gisent les mécanismes intimes de la pathogénicité. La démarche opérationnelle peut s'affranchir de cette situation et se contenter de mesurer l'effet de la suppression du facteur de risque sur l'évolution du statut sanitaire du troupeau sans s'interroger sur les causes physiopathologiques des troubles de santé. Cependant, une attitude de recherche ne résiste pas à la nécessité de comprendre les mécanismes sous-jacents aux facteurs de risque identifiés : c'est là une façon de proposer des pistes de travail originales pour des recherches plus analytiques en collaboration avec des partenaires rompus aux études « pointues ». L'intérêt d'élucider ces mécanismes est d'autant plus essentiel que la pathologie étudiée est plus fréquente, son importance économique non négligeable et son étiologie mal cernée en dépit des nombreuses recherches sur le sujet.

Ce souci étiologique a typiquement motivé les travaux sur l'étiologie nutritionnelle de la rétention placentaire, de la fièvre vitulaire, des mécanismes qui peuvent expliquer l'association entre ces deux pathologies (figure 3), ceci en combinant résultats épidémiologiques et expérimentations en milieu contrôlé. De la même façon, on a mis en évidence au laboratoire, le rôle des crucifères (colza fourrager notamment) distribuées en fin de gestation, dans la mortinatalité des veaux et la pathologie hépatique. L'ensemble de ces travaux souligne en particulier le rôle des apports alimentaires en acides gras polyinsaturés sur les pathologies associées à la mise bas (rétention placentaire, fièvre vitulaire, mammite *post-partum*), à la fertilité et à l'inflammation mammaire. Des travaux sont en cours pour tenter de préciser expérimentalement les points soulevés par l'approche écopathologique.

La modélisation

L'idée d'utiliser, en épidémiologie, des modèles mathématiques pour prédire l'évolution d'une épidémie est ancienne. Dès 1865, l'anglais W. Farr avait proposé une équation du troisième degré pour prédire l'évolution de la peste bovine dans son pays. En écopathologie, l'outil modélisation est longtemps demeuré implicite. En effet, au cours du travail de recherche en écopathologie, le chercheur est confronté à l'élaboration d'un *modèle conceptuel des données*, à la nécessité de proposer un *pré-modèle conceptuel d'analyse* qui l'oblige à décrire les facteurs et leurs interrelations sous une forme claire et explicite, à procéder à l'analyse des données qui permette de préciser les *modèles statistiques* régissant les liens entre maladie et facteurs explicatifs. De plus, dans la mesure où l'écopathologie consiste à répondre à la question «

Figure 3. Cheminement des facteurs nutritionnels aboutissant à l'association entre fièvre vitulaire et rétention placentaire chez la vache laitière (d'après Barnouin et Chassagne 1991).



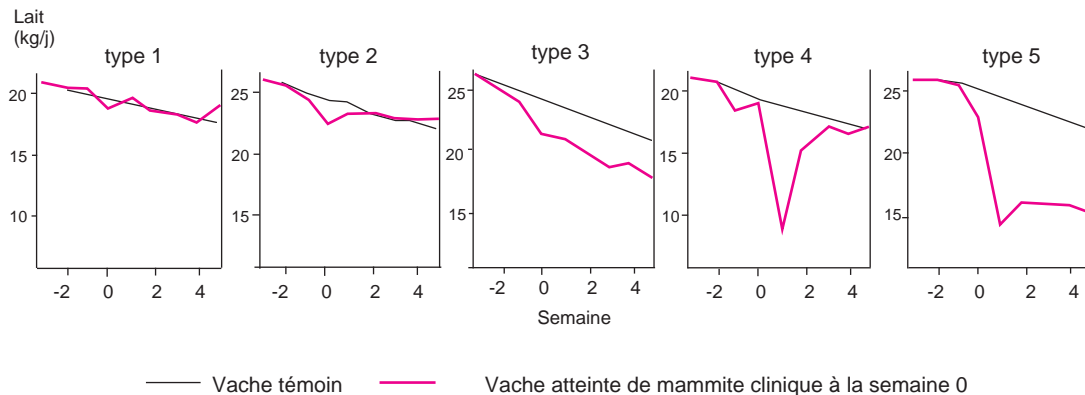
Etant donné un extrant déterminé (la « performance » sanitaire), quel intrant ou combinaison d'intrants (les pratiques et les conditions d'élevage) peut produire ce résultat ? », la problématique soulevée par la démarche écopathologique relève bien du travail de modélisation. D'un certain point de vue, la démarche de modélisation est « consubstantielle » de l'approche écopathologique.

Autrement dit, il s'agit de passer d'une attitude de recherche exploratoire visant à décrire la réalité observée, à la modélisation

du fonctionnement du « système animal » (vu au travers de ses productions - les « performances zootechniques » - et de son état de santé - les « performances sanitaires »), en intégrant les paramètres de contrôle des variables d'environnement. En pratique, l'objectif est de simuler l'effet à long terme de différentes stratégies de gestion du troupeau sur l'état de santé des animaux.

Dans l'immédiat, le laboratoire s'est intéressé à l'effet des mammites sur la production laitière à l'échelle de la lactation, ce qui a

Figure 4. Types de réponse en termes de perte de lait consécutive à une mammites (d'après Lescourret et Coulon 1994).



exigé le couplage de trois sous-modèles : un modèle prédictif de la courbe de lactation en l'absence de facteurs perturbants accidentels, un modèle prédictif de l'occurrence des mammites dans le cours de la lactation, et un modèle de l'effet des mammites sur la production laitière (figure 4).

Pour l'avenir proche, les travaux vont s'apaiser sur le passage de l'échelle lactation à l'échelle carrière en utilisant un modèle de survie (modèle de prédiction de l'occurrence d'un événement), et sur la mise en œuvre de méthodes encore peu usitées en épidémiologie et issues des travaux de mathématiques (modèles dynamiques issus de la théorie des catastrophes, des fractales, du chaos...) en lien étroit avec les bio-informaticiens de l'Ecole Vétérinaire de Lyon qui ont développé ces techniques pour analyser les systèmes zootechniques.

L'intelligence artificielle

Pour résoudre un problème pathologique, le vétérinaire praticien objective la maladie observée : il détermine la nature des troubles, leur gravité, leur évolution et les facteurs de risque liés à l'animal ou au troupeau, avant de proposer une intervention thérapeutique. En clair, il raisonne en fonction de modèles de causalité (agent causal) ou d'association (facteurs de risque) avant de prendre une décision thérapeutique (modèle d'action). L'intervention du vétérinaire relève donc de la construction d'un raisonnement logique qu'un système-expert peut reproduire informatiquement en reconstituant les modèles élaborés par ceux qui possèdent la connaissance du phénomène étudié.

Un système-expert ne vise pas à modéliser le monde, mais les connaissances sur ce monde. En pathologie animale, l'expertise peut fort bien s'appuyer sur les résultats des enquêtes écopathologiques. Cependant, force est de constater que les systèmes-experts n'ont pas suscité dans le domaine de la pathologie animale l'intérêt qu'on en attendait (à l'inverse semble-t-il de la pathologie végétale qui a vu « fleurir » ce type d'outils). Il n'est pourtant pas établi que cette situation soit

définitive et, à défaut de s'engager résolument dans cette voie, le Laboratoire d'Ecopathologie réfléchit sur les perspectives qu'elle peut offrir tant sur le plan de la Recherche que sur celui de l'action.

Le retour sur le terrain

Le caractère opérationnel de la démarche écopathologique implique nécessairement un retour sur le terrain. A partir des résultats acquis et avec l'appui de structures de développement appropriées, des plans de prévention sanitaire seront proposés aux acteurs de la santé animale.

De plus, les systèmes d'élevage sont en constante évolution. Dans une exploitation agricole, la modification des pratiques et des conditions d'élevage transforme en permanence l'état sanitaire du cheptel. Le « matériel animal » lui-même évolue sans cesse sous l'influence des innovations alimentaires et des programmes génétiques.

Par ailleurs, tout modèle n'est que la représentation de la réalité et non la réalité elle-même. L'étape de validation est donc incontournable, soit sur des jeux de données déjà existants par ailleurs, soit en s'appuyant sur des nouvelles enquêtes en élevage.

Le retour sur le terrain est en conséquence indispensable, quelles que soient les voies de recherche entreprises. La mise en œuvre d'un tel retour n'est pas des plus aisées. Il a été possible dans le passé par une conjonction éminemment favorable d'intérêts convergents entre des partenaires scientifiques et professionnels ne se trouvant pas en situation budgétaire trop difficile. Si les systèmes d'élevage évoluent, les conditions de la recherche aussi. Pourtant, dans le domaine de l'écopathologie, l'exploitation agricole demeurant le lieu d'étude privilégié, il sera fondamental d'engager de nouvelles actions de terrain. Seul un ambitieux projet de collaboration entre équipes INRA et hors-INRA pourrait contribuer à mobiliser les ressources nécessaires. On y travaille.

Pour en savoir plus

Barnouin J., 1992. Approche écopathologique de la composante nutritionnelle des troubles de santé chez la vache laitière : des facteurs de risque aux mécanismes de la pathogénicité. Thèse d'Université, Montpellier II-Faculté des Sciences et Techniques du Languedoc, 175 pp.

Barnouin J., Chassagne M., 1991. An aetiological hypothesis for the nutrition-induced association between retained placenta and milk fever in the dairy cow. *Ann. Rech. Vet.*, 22, 331-343.

Barnouin J., 1980. Enquête écopathologique continue en élevages-observatoires : objectifs et stratégie. *Ann. Rech. Vét.*, 11, 341-350.

Faye B. (ed), 1993. Actes du premier colloque international d'écopathologie et gestion de la santé animale, Clermont-Ferrand, 18-20 oct. 1993. *Vet. Res.*, 359 pp.

Faye B., 1995. L'éleveur, son environnement, ses pratiques et la santé de son troupeau. Approche écopathologique de la santé en élevage bovin laitier. Thèse d'Université, Paris XII-Val de Marne, Faculté des Sciences et Techniques de Créteil, 227 pp.

Faye B., Lefèvre P.C., Lancelot R., Quirin R., 1994. *Ecopathologie animale. Méthodologie et applications en milieu tropical*. Ed. INRA-CIRAD, Versailles, 115 pp.

Lescourret F., Coulon J.B., 1994. Modeling the impact of mastitis on milk production by dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 77, 2289-2301.

Lescourret F., Genest M., Barnouin J., Chassagne M., Faye B., 1993. Data Modeling for database design in production and health monitoring systems for dairy herds. *J. Dairy Sci.*, 76, 1053-1062.